

## 弱高気圧高濃度酸素療法（Mild HBOT）の適応が体表温度に及ぼす影響

The effect of change to the body surface temperature on mild hyperbaric oxygen therapy

体育学部健康科学科

古山 喜一

FURUYAMA, Yoshiichi

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

猪越 孝治

INOKOSHI, Takaharu

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

久保山和彦

KUBOYAMA, Kazuhiko

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

井上 陽子

INOUE, Yoko

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科

近森 清

CHIKAMORI, Kiyoshi

Department of Health Science

Faculty of Physical Education

**キーワード：**弱高気圧高濃度酸素療法，酸素カプセル，体表温度変化

**Abstract：** The purpose of this study was to determine the effects of two different HBO (hyperbaric oxygen) exposures on body surface temperature. Eight healthy male collegiate students participated in this study (age:  $21.0 \pm 0$  year, height:  $170.6 \pm 2.6$  cm, body weight:  $61.3 \pm 3.8$  kg, BMI:  $23.4 \pm 1.4$  kg/m<sup>2</sup>). All subjects were divided into the (i) Mild HBOT (n=8, HBO treatment: 50%O<sub>2</sub> at 1.3ATA for 60 min) and (ii) control (n=8, HBO treatment: 50%O<sub>2</sub> at 1.0ATA for 60 min) groups.

Body surface temperature was measured at peripheral part of upper extremity before and after each treatment. No significant differences were observed in the Mild HBOT group before and after the treatment ( $0.04 \pm 1.38^\circ\text{C}$ ). In contrast, body surface temperature was significantly increased in the control group after the treatment ( $2.7 \pm 4.7^\circ\text{C}$ ,  $p < 0.05$ ). The results of the present study indicate that mild HBOT can cause less effect on body and consequently be more effective compared with controls, taking into consideration optimal hyperbaric oxygen therapy.

## 【はじめに】

現在、高気圧酸素療法（HBOT：Hyperbaric oxygen Therapy）は、特に救急医療分野において、潜水病、脳梗塞、火傷などの疾患に対する治療に用いられ、高気圧、酸素毒性、低酸素症に対する効果が利用されている。

一方、スポーツ医学分野においても近年注目され、急性外傷後における創傷治癒の促進、疲労回復、パ

フォーマンスの向上を目的に使用されるようになっていく。

スポーツ現場で用いられるHBOTは、1.3絶対気圧（ATA）高濃度酸素環境下で用いられているMild HBOTが、安全性や簡便性、そして機器操作資格の問題をクリア出来る為に広く多用されている。

HBOTにおける先行研究によると、腫脹についてはSkyharらは（2.0ATA）、イヌで作成したコンパートメント症候群で腫脹した筋の湿重量が減少したと報告

している<sup>1)</sup>。

疼痛に関してはStapleら<sup>2)</sup>の報告においても、Borromeoら<sup>3)</sup>の報告においても有意な疼痛軽減は見られていない。

損傷組織の低酸素状態の改善については、Kivisaariら（2.0ATA）のラットを用いた報告により酸素分圧の上昇が報告されている<sup>4)</sup>。

靱帯の修復についてはWebsterら（2.8ATA）のラットを用いた研究において、靱帯の弾性や破断強度は、4週間ではほぼ正常値に回復したと報告している<sup>5)</sup>。石井ら（1.5ATA～2.0ATA）のラットにおける研究においても損傷靱帯の修復が組織所見において、Type I プロコラーゲンmRNAの合成に関しても有意に高い値であったと報告している<sup>6)</sup>。

また、高気圧酸素療法はコンディショニングにも用いられており、Fischerら（1.5ATA）は血中アンモニアの除去による疲労回復効果を報告しており<sup>7)</sup>、Haapaniemiら（2.2ATA）はラットを用いATPやphosphocreatineの有意な上昇と乳酸の有意な減少を報告している<sup>8)</sup>。

しかし、身体温度に関しては過去に報告が無く検討されていない。そこで我々は体表温度に対する影響を明らかにする事を目的とした。

## 【対象】

健常男子大学生8名（平均年齢：21.0±0歳，平均身長：170.6±2.6，平均体重：61.3±3.8kg，平均BMI：23.4±1.4）とした。

## 【方法】

被検者には全員2回実験に参加してもらい，その内1回はMild HBOT群としてMild HBOTを行う群と，他の1回は対象群としてカプセル内には入るが，加圧は行わない群を作成した。

Mild HBOTには弱高気圧高濃度酸素カプセル（株）エア・テクノロジース社製：O<sub>2</sub>シャトルD80を用いた。加圧設定の方法は15分の仰臥位安静後，10分かけて大気圧環境より1.3ATA・50%O<sub>2</sub>環境へ徐々に加圧し，その環境に60分間身体を暴露し，その後10分かけて大気圧環境へ減圧する方法とした（図1）。

対象群はカプセル内で加圧を行わない以外はMild HBOT群と同様のプロトコルとした。

実験前後における上肢末梢部の体表温度として，第

2指～第4指指尖部腹側の体表温度を計測し，3指から得られたデータを平均化し体表温度とした。また，得られた体表温度を安静時皮膚温度で除し変化率を算出した。

体表温度の測定にはNEC社製赤外線サーモグラフィ装置Thermo Shot F30を用いた。また，カプセル内温度，カプセル内湿度を測定した。



図1 適用法と加圧時間

今回の研究は環太平洋大学倫理委員会の承認を得て実施し，対象者に対しては事前に研究の目的，安全性について十分な説明を行い参加の同意を得た。

## 【統計処理】

両群間における体表温度の変化率について，統計的有意差検定として「対応のあるT検定」を用い有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

### 1. 体表温度

体表温度はMild HBOT群においてMild HBOT前後における体表温度の平均変化温度は0.04±1.38℃で平均変化率は0.1±3.8%であった。一方，対象群における体表温度の平均変化温度は2.67±1.65℃で平均変化率は7.7±4.7%であり，Mild HBOT群において体表温度の平均変化率が対象群に比べ有意に低値を示した。（図2，3，4）。

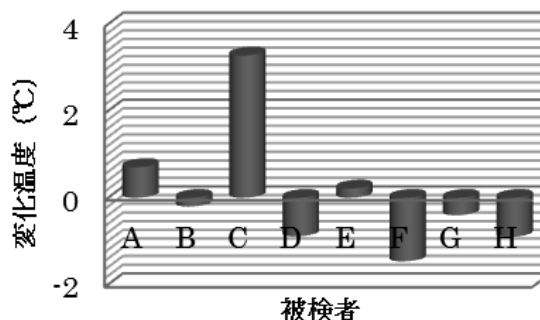


図2 実験前後での変化温度（Mild HBOT群）

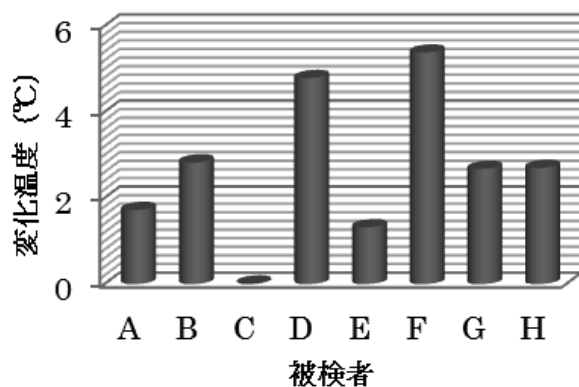


図3 実験前後での変化温度（対象群）

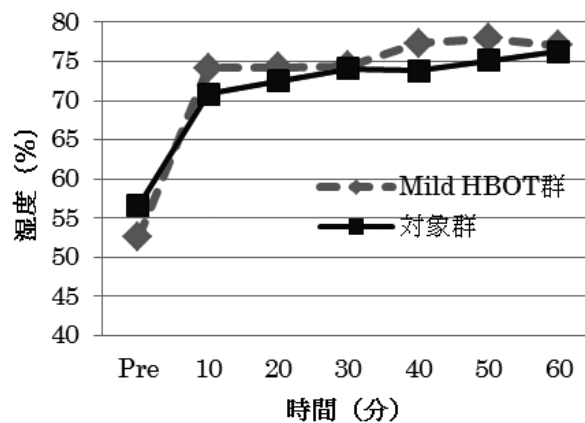


図6 カプセル内湿度

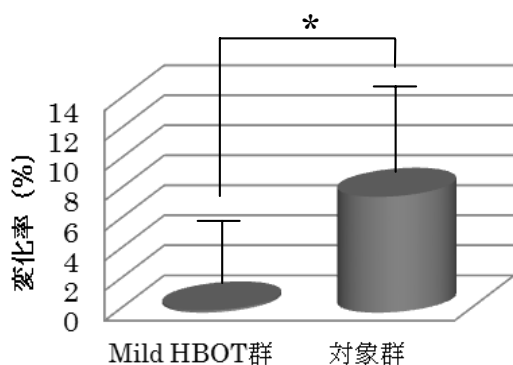


図4 実験前後での温度変化率

## 2. カプセル内温度

両群ともに実験前後で温度上昇がみられた（図5）。

## 3. カプセル内湿度

両群ともに実験前後で湿度上昇がみられた（図6）。

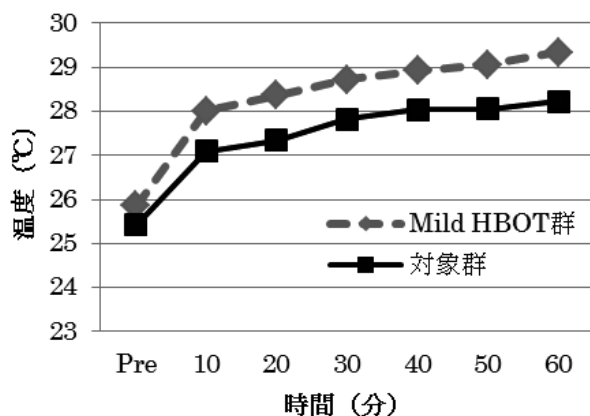


図5 カプセル内温度

## 【考察】

血液中の酸素は「ヘモグロビン結合型酸素」と「溶解型酸素」の2種類で存在するが、高気圧酸素カプセル（密閉空間）で人工的に気圧を上げると、血液中に多くの酸素が溶け込む事により溶解型酸素量が増え（ヘンリーの法則）、末梢組織へ多くの酸素を運搬できるようになる。

スポーツ外傷などの急性外傷に対してHBOTは一部において外傷直後より適用されている。高気圧酸素療法を損傷組織に用いる主な目的として、損傷組織およびその周辺組織に対してより多くの酸素を供給する事及び高気圧環境により組織を圧迫する事の2点が挙げられる。

HBOTは2.0ATA以上、純酸素（100% O<sub>2</sub>）の吸入を60分以上行ったものと定義されており、多くのEBMが報告されている。

しかし、スポーツ現場等で広く用いられているのは1.1～1.3ATA・30～50%O<sub>2</sub>のMild HBOTであり、その使用にはHBOTにおいて出されたEBMをMild HBOTにおいても同様の結果であると仮定し用いられているのが現状である為、今後Mild HBOTの科学的根拠が必要とされている。

今回の実験前後における体表温度の変化はMild HBOT群で体表温度の平均変化率が対象群に比べ有意に低値を示した。カプセル内温度が上昇したにも関わらず、体表温度の平均変化率が0.1%と有意に低値であったことは、Mild HBOTが身体へ及ぼした高気圧等による影響が体表温度へ作用した可能性が考えられる。

Mild HBOT群では、加圧によるものと末梢血管の酸素濃度の上昇が皮膚表面に位置する末梢血管内の血液循環量を減少させた可能性が考えられ、体表温度に

及ぼす変化が少なかったものと思われる。

加圧は皮膚表面に近い毛細血管を圧縮し、末梢血管を収縮させる事に働き、皮膚表面に位置する末梢血管内の血液循環量を減少させたものと考えられる。

また、末梢血管の酸素濃度の上昇は組織酸素濃度を上昇させる為、生理的な生体反応として、末梢血管内の血液循環量が減少したものと考えられる。

一方、対象群においてはカプセル内温度の上昇に伴い身体温度調節メカニズムが働き、末梢血管が拡張し身体からの熱放出が活発になり体表温度が上昇したものと思われる。

カプセル内温度の上昇は、カプセル内を加圧すると断熱圧縮により温度上昇が見られたものであり、物理的作用が大きく関与した結果であり、なお且つ密閉空間における被検者の体熱がカプセル内に伝わったものと思われる。

よってMild HBOTは血中の酸素濃度を上昇させることにより、血管を収縮させ、末梢血液循環量を減少させた事が、体表温度の平均変化率が対象群に比べ有意に低値を示した要因であると考えられた。

今後は、Mild HBOT群の中にも1℃以上体表温度が上昇したものが8名中1名おり、加圧の影響以上に周囲の温度変化への生理的な適用がMild HBOTの影響を上回り、対象群と同様に血管が拡張し体表温度が上昇したものと考えられる為、個体による加圧の影響等について今後更なる検討が必要であると思われる。

## 【まとめ】

1. 弱高気圧高濃度酸素療法（Mild HBOT：Mild Hyperbaric Oxygen Therapy<1.3ATA・50%O<sub>2</sub>・60min>）における体表温度変化について検討した。
2. 実験前後における体表温度の変化について2群を比較した結果、Mild HBOT群において体表温度の平均変化率が対象群に比べ有意に低値を示した。
3. Mild HBOT群において、実験後でカプセル内温度が上昇したにも関わらず、体表温度の平均変化率が対象群に比べ有意に低値を示したことは、Mild HBOTが身体へ及ぼした加圧及び血中の酸素濃度上昇の影響による可能性が考えられた。

## 【参考文献】

- 1) Skyhar M et. al. (1986) Surg. 68-A: P. 1218-1224.

- 2) Staple J et. al. (1996) Sport Med. 22: 219-227.
- 3) Borromeo et. al. (1997) Am J Sport Med. 25: 619-25.
- 4) Kivisaari J et. al. (1975) Acta Chir. Scand. 141: 14-19.
- 5) Webster DA et. al. (1996) Undersea Hyperb. Med. 23: Suppl, 13.
- 6) Ishii et. al. (2002) J Orthop Res. 20, 70-73.
- 7) Fischer B et. al. (1988) Handbook of oxygen therapy. Springer Verlag. 251-276.
- 8) Haapaniemi et. al. (1996) Plast. Reconstr. Surg. 97: 602-607.